

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-329031

(43) 公開日 平成10年(1998)12月15日

(51) Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	F I	
B 2 4 D 3/28		B 2 4 D 3/28	
B 2 4 B 37/04		B 2 4 B 37/04	A
H 0 1 L 21/304	3 2 1	H 0 1 L 21/304	3 2 1 P
21/3205		21/88	K
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)			

(21) 出願番号 特願平9-139454

(22) 出願日 平成9年(1997)5月29日

(71) 出願人 000004455

日立化成工業株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目1番1号

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 尾形 正次

茨城県結城市大字鹿窪1772-1 日立化成  
工業株式会社下館工場内

(72) 発明者 守屋 明宏

茨城県結城市大字鹿窪1772-1 日立化成  
工業株式会社下館工場内

(74) 代理人 弁理士 若林 邦彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体素子類の研磨方法およびそれに用いる樹脂砥石の製造方法

(57) 【要約】

【課題】半導体用シリコンウエハ、シリコンウエハ上に形成された配線材料、あるいは多層配線を行う際に形成する層間絶縁膜などの研磨及び平坦化に有用な加工法を提供する。

【解決手段】下記のような砥石を用いて研磨を行う。軟化温度が50～180℃の自己発泡性または発泡剤により、発泡性を付与した発泡性熱硬化性樹脂100体積%と、平均粒径が0.1～5μmの砥粒50～200体積%を必須成分とし、軟化温度が50～180℃の自己発泡性または発泡剤により、発泡性を付与した発泡性熱硬化性樹脂単独または平均粒径が0.1～5μmの砥粒を加えた状態で、発泡性熱硬化性樹脂を平均粒径5μm以下に粉砕し両者を均一に分散混合した後、当該混合物を型に入れ140～220℃、0.1～20kg/cm<sup>2</sup>の加圧下で気孔率が40～60体積%になるように成形する。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】凹凸パターンが形成されている基板の表面上に薄膜を形成するステップと、該基板の該薄膜が形成されている面を研磨工具表面上に押しつけて相対運動させながら、該凹凸パターンを平坦化するステップとを含む研磨方法において、上記研磨工具として、軟化温度が50～180℃の自己発泡性または発泡剤により、発泡性を付与した発泡性熱硬化性樹脂100体積%と、平均粒径が0.1～5μmの砥粒50～200体%を必須成分とする樹脂砥石を用いることを特徴とする研磨方法。

【請求項2】樹脂砥石の組成成分である発泡性熱硬化性樹脂がフェノール系樹脂45～80重量部、ヘキサメチレンテトラミン5～20重量部及びメラミン樹脂0～50重量部からなる自己発泡性熱硬化性樹脂であることを特徴とする請求項1記載の研磨方法。

【請求項3】樹脂砥石の組成成分である砥粒が酸化セリウム、酸化シリカ及びアルミナから選ばれる少なくとも一種であることを特徴とする請求項1または2に記載の研磨方法。

【請求項4】樹脂砥石の組成成分である発泡性熱硬化性樹脂が、発泡剤としてジニトロペンタメチルテトラミン、アゾジカルボンアミド、p、p'-オキシビスベンゼンスルホンヒドrazilド、p-トルエンスルホンヒドrazilド、p-トルエンスルホンヒドrazilアセトンヒドrazilゾン、ヒドrazilジカルボンアミドから選ばれる少なくとも一種を配合した熱硬化性樹脂であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の研磨方法。

【請求項5】軟化温度が50～180℃の自己発泡性または発泡剤により、発泡性を付与した発泡性熱硬化性樹脂単独または平均粒径が0.1～5μmの砥粒を加えた状態で、発泡性熱硬化性樹脂を平均粒径5μm以下に粉砕し両者を均一に分散混合した後、当該混合物を型に入れ140～220℃、0.1～20kg/cm<sup>2</sup>の加圧下で成形し、気孔率を40～60体積%とすることを特徴とする樹脂砥石の製造方法。

【請求項6】請求項5に記載の樹脂砥石を用い、ウエハまたは相関絶縁膜及び多層配線板材料を研磨することを特徴とする半導体素子の研磨方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、研磨による基板表面の平坦化技術に係り、特に半導体集積回路の製造過程で用いるための研磨方法及びそれに用いる研磨砥石に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体製造工程は多くのプロセス処理工程からなるが、まず本発明が適用される工程の一例である配線工程について、図1(a)～(f)を用いて説明する。図1(a)は一層目の配線が形成されているウエハの断面図を示している。トランジスタ部が形成されて

いるウエハ基板1の表面には絶縁膜2が形成されており、その上にアルミニウム等の配線層3が設けられている。トランジスタとの接合をとるために絶縁膜2にコンタクトホールが設けられているので、配線層のその部分3'は多少へこんでいる。図1(b)に示す2層目の配線工程では、一層目の上に絶縁膜4、金属アルミ層5を形成し、さらに、このアルミ層を配線パターン化するため露光用ホトレジスト膜6を塗布する。次に、図1

(c)に示すようにステップ7を用いて、2層目の配線回路パターンを上記ホトレジスト膜6上に露光転写する。この場合、ホトレジスト膜6の表面が凹凸になっていると、図に示すようにホトレジスト膜表面の凹部と凸部8では、同時に焦点が合わないことになり、解像不良という重大な障害となる。上記の不具合を解消するため、次に述べるような基板表面の平坦化処理が検討されている。図1(a)の処理工程の次に、図1(d)に示すように、絶縁層4を形成後、図中9のレベルまで平坦となるように後述する方法によって研磨加工し、図1

(e)の状態を得る。その後、金属アルミ層5とホトレジスト層6を形成し、図1(f)のようにステップ7で露光する。この状態ではレジスト表面が平坦であるので前記解像不良の問題は生じない。図2に、上記絶縁膜パターンを平坦化するため、従来一般的に用いられている化学機械研磨加工法を示す。研磨パッド11を定盤上12に貼り付けて回転しておく。この研磨パッドとしては、例えば発泡ウレタン樹脂を薄いシート状にスライスして成形したものが用いられ、被加工物の種類や仕上げたい表面粗さの程度によって、その材質や微細な表面構造を種々選択して使い分ける。他方、加工すべきウエハ1は、弾性のある押さえパッド13を介してウエハホルダ14に固定する。このウエハホルダ14を回転しながら研磨パッド11表面に荷重し、さらに研磨パッド11の上に研磨スラリー15を供給することにより、ウエハ表面上の絶縁膜4の凸部が研磨除去され、平坦化される。

二酸化珪素等の絶縁膜を研磨する場合、一般的に研磨スラリーとしてはコロイダルシリカが用いられる。コロイダルシリカは、直径30nm程度の微細なシリカ粒子を水酸化カリウム等のアルカリ水溶液に懸濁させたものであり、アルカリによる化学作用が加わるため、砥粒のみによる機械的研磨に比べ、飛躍的に高い加工能率と加工ダメージの少ない滑面を得られる特徴がある。このように、研磨パッドと被加工物の間に研磨スラリーを供給しながら加工する方法は、遊離砥粒研磨技術として良く知られている。しかしながら、従来の遊離砥粒研磨加工によるウエハ平坦化技術には、大きく2つの欠点がある。その一つは、加工に際して比較的軟質な研磨パッドを用いざるを得ないため、パターンの種類や段差の状態によっては十分に平坦化できない、というパターン寸法依存性の問題であり、もう一つは、研磨工程で必要とされる大量の高純度スラリー等の消耗品コストの問題である。上

記従来技術として、砥粒を金属粉末やレジン樹脂で結合して制作した砥石を、研磨定盤とする固定砥粒加工法が、1st International ABTEC Conference (Seoul, 11月1993年)の講演論文集P80-P85に記載されているが、加工面に微細なスクラッチがしばしば発生する欠点が知られている。これは砥石の組成及び特性が、半導体素子の平坦化研磨の用途に適合されていないためである。従来から、最も平滑な鏡面を得ようとする場合、砥粒を樹脂で固めた樹脂(レジノイド)砥石がよく使われる。

【0003】砥石に使用する樹脂を発泡させた多孔質樹脂砥石は、特にシリコンウエハのような硬脆材料の研磨材として優れた研磨性を有することが知られているが、このような多孔質樹脂砥石は、例えば特公昭54-551号公報あるいは特開昭63-150162号公報などに記載されているように、ポリビニルアルコール水溶液に砥粒及び石炭酸、ホルマリン、酸触媒などを加えて十分に攪拌したスラリー状の混合物を型に流して加熱し、ポリビニルアルコールのアセタール化反応と同時に、石炭酸とホルマリンの初期縮合反応を起こし成形体を形成し、次いでこの成形体を型から取り出し十分に水洗した後、乾燥、これをさらに高温に加熱して初期縮合物の反応を完結させ、微孔性のポリアセタール砥石を製造する方法が知られている。また、特開昭58-223565号公報に記載されているように、砥粒の表面を液状のフェノール樹脂初期縮合物で被覆し、次いでその表面に粉末のノボラック樹脂を付着させ、これを型に入れてホットまたはコールドプレスし、脱型後焼成することによって製造する方法などもある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このような多孔質樹脂砥石を用いて試料表面に傷を付けずに、より平滑な研磨面を得るには砥粒の粒径を細かくする必要がある。ところが、砥粒を細かくすると比表面積が増大するため混合物の粘度が急上昇し、混合、予備反応及び予備成形などの作業性が著しく低下するうえ、気孔率が思うように上がらない、砥石としての研磨速度が著しく低下するなどの問題があった。その対策として樹脂の粘度を下げたり希釈用の溶剤や分散媒の量を増やすことが考えられる。しかし、この場合、成形などの作業性は改善されるが、樹脂を硬化する過程で砥粒が沈降するため均一な組成の砥石が得られなくなったり、気孔を形成するために混合物を機械的に泡立てたり発泡剤を添加する必要があり、均一かつ微細な気孔を形成することが難しかった。そのため、こうして得られた樹脂砥石は、目詰まりを起こしやすく、十分な研磨速度が得られなかったり、被研磨物表面に傷を付けるという問題があった。

【0005】また、従来の製法は液状の樹脂や溶剤あるいは分散媒を使用するため、砥粒を配合した混合物がスラリー状だったりするため、混合、成形などの作業性に

も問題があった。そのため、成形が容易で、組成及び気孔の大きさや分布が均一で研磨速度が速く、かつ表面を傷付けずに平坦な研磨面が得られる多孔質樹脂砥石用組成物並びに成形体が強く求められていた。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記状況に鑑みなされたものであり、特に半導体用シリコンウエハ、シリコンウエハ上に形成された配線材料、あるいは多層配線を行う際に形成する層間絶縁膜などの研磨、及び平坦化に有用な加工法、及び半導体素子の製法を提供するものである。具体的に微細な砥粒を配合した成形が容易で、組成及び気孔の大きさや分布が均一で、研磨性が優れた多孔質樹脂砥石を用いて加工するものであり、さらにはこの用途に最適な樹脂組成物並びに該組成物を用いた多孔質成形体を提供するものである。その具体的な手段は、軟化温度が50~180℃の自己発泡性または発泡剤を配合して、発泡性を付与した発泡性熱硬化性樹脂100体積%に、平均粒径が0.1~5μmの砥粒成分50~200体積%を必須成分として用い、樹脂成分を予め単独またはこれに砥粒成分を加えた状態で平均5μm以下に粉碎し、両者を均一に分散混合した後、当該混合物を型に入れ、型温度140~220℃で0.1~20kg/cm<sup>2</sup>の加圧下で成形し、気孔率40~60体積%の成形体とした砥石を用いて平坦化研磨を行うことにある。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明に用いる発泡性熱硬化性樹脂とは、自己発泡性のフェノール樹脂、メラミン樹脂、ポリウレタン樹脂あるいはこれらの樹脂及び尿素樹脂、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂、シアネートエステル樹脂あるいはベンゾオキサジン樹脂などの熱硬化性樹脂に発泡剤を配合したものである。これらの発泡性熱硬化性樹脂の中でも特に本発明の多孔質樹脂砥石用には、ヘキサミンを硬化剤とするフェノール樹脂あるいはこれにメラミン樹脂を併用した自己発泡性樹脂が適している。ここでフェノール樹脂とは、フェノール類とホルムアルデヒドを酸またはアルカリ触媒の存在下で反応させて得られる樹脂中間体、ビニルフェノール、n-プロペニルフェノール、イソプロペニルフェノール、n-ブテニルフェノールあるいはこれらの誘導体などを熱重合、イオン重合またはラジカル重合させて得られる樹脂中間体などであり、これらは単独あるいはヘキサメチレンテトラミンのようなアミン系硬化剤とともに加熱することにより、三次元網目構造を形成して硬化する熱硬化性樹脂である。ヘキサメチレンテトラミン[(CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>N<sub>4</sub>]は、約263℃で昇華する粉体で、フェノール樹脂の硬化剤(架橋剤)として広く用いられる化合物である。メラミン樹脂は、通常メラミンとホルムアルデヒドをアルカリ性触媒の存在下で付加重合反応によって得られる中間体(メチロー

ル化メラミン)で、酸性触媒の存在下で加熱すると水及びホルムアルデヒドを発生しながら、三次元網目構造を形成して硬化する熱硬化性樹脂である。

【0008】本発明の多孔質樹脂砥石用に、ヘキサミンを硬化剤とするフェノール樹脂あるいはこれにメラミン樹脂を併用したものをを用いる場合、フェノール樹脂を45〜80重量部、ヘキサメチレンテトラミンを5〜20重量部及び(c)メラミン樹脂を0〜50重量部の範囲で使用することが望ましい。その理由は以下による。すなわち、フェノール樹脂が45重量部以下では硬化した樹脂が非常に脆くなり、85重量部以上では樹脂の硬化性や発泡性が低下するためである。また、ヘキサメチレンテトラミンは5重量部以下では樹脂の硬化性や発泡性が低く、20重量部以上では硬化物が著しく脆くなるためである。本発明の目的は樹脂成分として、フェノール樹脂系樹脂と硬化剤としてのヘキサメチレンテトラミンを用いるだけでも達成することができるが、弾力性に富みかつ微細な気孔を均一かつ多量に発生させるためには、メラミン樹脂を併用することが望ましい。しかし、メラミン樹脂が50重量部以上になると硬化性や発泡性が低下し、硬化物が脆くなるため使用量は50重量部以下にすることが望ましい。

【0009】本発明において、発泡性熱硬化性樹脂の軟化温度を50〜180℃とする理由は、軟化温度が50℃以下では、樹脂成分を単独またはこれに砥粒成分を加えた状態で微粉碎する際、樹脂成分が凝集したり粉砕装置に付着して粉砕しにくくなり、しかも微粉碎後、ブロッキングを起こし易いためである。また、軟化温度が180℃以上では樹脂の硬化温度を高くする必要があり、成形作業がしにくくなるためである。熱硬化性樹脂に発泡性を付与するために配合する発泡剤とは、熱硬化性樹脂に配合して加熱すると所定の温度で熱分解し、窒素(N<sub>2</sub>)、炭酸(CO<sub>2</sub>)、アンモニア(NH<sub>3</sub>)、ホルムアルデヒド(CH<sub>2</sub>O)などのガスを発生し、硬化した熱硬化性樹脂中に多量の気孔を生成する化合物であり、具体的にはジニトロペンタメチルテトラミン、アゾジカルボンアミド、p、p'-オキシビスベンゼンスルホンヒドライド、p-トルエンスルホンヒドライド、p-トルエンスルホンヒドラーゼン、ヒドラゾジカルボンアミドなどである。これらの発泡剤は樹脂成分に対し0〜20重量%、好ましくは0〜10重量%の範囲で用いることが望ましい。

【0010】砥粒成分は特に限定されるものではなく、一般に用いられている酸化セリウム、酸化シリカ、アルミナ以外に目的に応じてシリコンカーバイド、ボロンカーバイド、ジルコニウム、ダイヤモンド、サファイヤなどを用いることができる。特に、半導体分野の用途には酸化セリウム、酸化シリカ及びアルミナから選ばれる少なくとも一種を用いることが望ましい。砥粒の粒径は、研磨性に著しい影響を及ぼし、研磨速度の観点から粒径

が大きい方が望ましく、スクラッチを発生させずに平坦な研磨面を得るためには、粒径が細かい方が望ましいと云われている。しかし、本発明では砥石を多孔質化し、しかも、樹脂成分と砥粒を粉末状態で混合した後成形するため、樹脂成分と砥粒の結合力を適度に保つことができる。そのため、研磨時砥石は磨耗し表面には常に新生面が表れる。その結果、細かい砥粒を使用しても研削速度を得ることができ、本発明においては平均粒径0.1〜5μm、好ましくは0.3〜1μmの砥粒を使用することが望ましい。この平均粒径は、一時粒子の平均値がこの範囲に入るものは勿論含まれるが、二次凝集体として平均粒径がこの範囲に入るのもであっても良い。なお、砥粒の粒度分布はなるべく狭いものが望ましい。平均粒径が0.1μm以下の砥粒を用いた場合は、成形時に樹脂成分と砥粒の融着度合いが著しく低下するため好ましくない。樹脂成分100体積%に対する砥粒成分の配合量を50〜200体積%とする理由は、砥粒成分の配合量を50体積%以下では十分な研磨性が得られないためである。また、200体積%以上では砥粒と樹脂成分の漏れが不十分になり成形時に混合物が融着しにくく、その結果、成形品が著しく脆くなって研磨時に砥石の崩壊や砥粒の脱落が生じ、十分な研磨性が得られなくなるためである。

【0011】本発明において、樹脂成分は単独または砥粒を加えた状態で5μm以下に粉碎し砥粒と均一に混合される。この点が本発明の重要なポイントであり、従来の樹脂砥石と製造法が異なる点である。樹脂成分を単独または砥粒を加えた状態で5μm以下に粉碎する理由は、樹脂成分と砥粒をできるだけ均一に分散、混合するためであり、できれば樹脂成分は、0.5μm以下に粉碎することが望ましい。粉碎及び混合にはボールミル、ミキサーなどの他、メカノケミカル効果を利用した各種粉碎及び粉体表面改質装置を利用することができる。これらの装置を用いて樹脂成分を粉碎及び混合する場合、樹脂成分が装置の内壁に融着するのを防止し、かつ出来るだけ微粉碎が行えるようにするために、装置自体を冷却して作業すると顕著な効果がある。なお、樹脂成分を単独で粉碎した場合には、これに砥粒を加えて均一に混合して、目的の砥石用樹脂組成物が得られる。

【0012】こうして得られた混合物は、型温140〜220℃、成形圧力0.1〜20kg/cm<sup>2</sup>の範囲で成形することによって、気孔率が40〜60容積%の多孔質成形体とすることができる。この場合、型温が140℃以下では樹脂の硬化反応が遅く成形に時間がかかり過ぎること、樹脂の発泡が不十分のために成形体の気孔率を高めることができなくなり好ましくない。また、220℃以上では成形作業がしにくくなり好ましくない。一方、成形圧力を0.1〜20kg/cm<sup>2</sup>の範囲で行うのは、0.1kg/cm<sup>2</sup>以下では成形体の気孔率が大きくなり過ぎたり、樹脂成分と砥粒の融着が不十分な

ために成形体脆くなること、また、 $20\text{ kg/cm}^2$  以上では逆に気孔率が小さくなり十分な研磨性が得られなくなるためである。

【0013】本発明の樹脂組成物は、このような温度及び圧力範囲で成形を行うことにより組成及び気孔の大きさや分布が均一で、樹脂成分と砥粒が適度に結合した成形体を得ることができるが、必要に応じて砥石としての特性を損なわない範囲であれば気孔の大きさや均一性を調整するための調泡剤、砥粒の分散や湿潤あるいは濡れ性などを調整するための添加剤、樹脂成分と砥粒の結合強度を調整するためのカップリング剤などを使用することができる。その場合、調泡剤としては変性ポリシロキサン化合物、シリコーン樹脂などを用いることができる。また、樹脂成分と砥粒の分散あるいは湿潤、濡れ性などを調整するための添加剤としては、ポリカルボン酸のアルキルアミン塩、長鎖ポリアミノアミドと極性酸エステル塩、アニオン性及びノニオン性多官能ポリマーのアルキロールアミン塩、高分子共重合体、高分子不飽和ポリカルボン酸、アクリル酸またはアクリル酸系共重合物のアンモニウム塩またはナトリウム塩などを使用することができる。

【0014】樹脂成分と砥粒の結合強度を調整するためのカップリング剤としては、 $\gamma$ -グリシドキシプロピルトリメトキシシラン、 $\gamma$ -グリシドキシプロピルメチルジエトキシシラン、 $\gamma$ -アミノプロピルトリエトキシシラン、 $\gamma$ -アミノプロピルメチルジエトキシシラン、 $N$ - $\gamma$  (アミノエチル)  $\gamma$ -アミノプロピルトリメトキシシラン、 $N$ - $\beta$  (アミノエチル)  $\gamma$ -アミノプロピルメチルジメトキシシラン、 $\gamma$ -メルカプトプロピルトリメトキシシラン、 $\gamma$ -メルカプトプロピルメチルジメトキシシランなどのシラン系カップリング剤、チタネート、ジルコアルミネートまたはアルミキレート系のカップリング剤などを使用することができる。なお、半導体分野では被研削物を汚染させないことが重要である。本発明の樹脂成分や砥粒はもとより、これらの添加剤は、イオン

性不純物ができるだけ少ないものを用いることが望ましい。また、これらの樹脂成分以外の各種添加剤の使用量は必要最小限に留めることが望ましい。

【0015】本発明で用いる樹脂砥石用組成物において、樹脂成分は砥粒を固定するバインダと同時に、発泡剤や縮合反応時に発生する縮合水やホルマリンによって、成形体に気孔を形成し、砥石に保水性を付与する役割がある。また、本発明の樹脂砥石は、樹脂成分と砥粒を粉末状態で混合した後成形するため、樹脂成分と砥粒の結合が適度に保持されており、研磨時砥石は適度に擦り減り、表面には常に新生面が表れるそのため、本発明の樹脂砥石は目詰まりを起こしにくく、研磨速度が速い、スクラッチが発生しにくい、平滑な研磨面が得られるなどの特徴を有する。

【0016】

【実施例】次に、実施例によって本発明をより具体的に説明する。

実施例1～11

樹脂成分として、平均粒径 $1\text{ }\mu\text{m}$ に微粉碎した軟化温度が $85^\circ\text{C}$ のノボラック型フェノール樹脂、平均粒径 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ に微粉碎した軟化温度が $85^\circ\text{C}$ のポリバビニルフェノール、平均粒径 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ に微粉碎したヘキサメチレンテトラミン、平均粒径 $0.8\text{ }\mu\text{m}$ に微粉碎した軟化温度が $95^\circ\text{C}$ のメラミン樹脂及び砥粒成分として、平均粒径 $0.6\text{ }\mu\text{m}$ の酸化セリウムをヘンシェルミキサーを用いて第1表に示す割合で混合し、目的とする11種類の樹脂砥石用組成物を得た。表中の砥粒(酸化セリウム)の体積分率はノボラック型フェノール樹脂、ポリバビニルフェノール樹脂及びヘキサメチレンテトラミンの比重を $1.25$ 、メラミン樹脂の比重を $1.48$ 、酸化セリウムの比重を $7.3$ として計算で求めた値である。

【0017】

【表1】

表 1

実 施 例		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
配 合 ・ 脂 重 量 部 粒	フェノールノック樹脂	87.5	61.0			61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0
	シリコーン樹脂			87.5	61.0							
	メラミン樹脂		30.0		30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
	ヘキサメチレンジアミン	12.5	9.0	12.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
成 形 条 件	砥 粒 化 セ リ ウ ム	580	580	580	580	400	830	580	580	580	580	580
	〔 ( ) は容積分率〕	(56)	(50)	(50)	(50)	(41)	(66)	(50)	(50)	(50)	(50)	(50)
成 形 条 件	金 型 温 度 (°C)	150						140	180	200	160	
	成 形 圧 力 (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.5									0.1	3.0
	成 形 時 間 (分)	15										
	後 硬 化 (°C/分)	160/60										
成 品 の 物 性	気 孔 率 (%)	50	56	52	58	45	60	52	56	57	60	40
	圧 縮 強 度 (kgf/mm <sup>2</sup> )	13	0.7	1.1	0.5	2.1	0.5	0.8	0.7	0.6	0.2	2.3
	圧 縮 弾 性 率 (kgf/mm <sup>2</sup> )	51	30	41	26	68	11	31	27	26	12	95

【0018】次に、上記各組成物を金型温度160℃、成形圧力1kg/cm<sup>2</sup>で15分間加圧成形して、φ50mm、厚さ10mmの多孔質成形体を作製した。成形体は金型から取り出した後、160℃の恒温槽中でさらに1時間加熱し樹脂を完全に硬化させた。こうして得られた成形体は、表1に示すように気孔率は40～60体積%であった。なお、表中の気孔率は、上記配合表から気孔率ゼロの成形品の比容（比重の逆数）を計算によって求め、これと実際の成形品の比容との比から計算により求めた値である。一方成形品の圧縮特性はほぼ気孔率に依存し、気孔率が小さいほど圧縮強度、弾性率共に大きな値を示す傾向がある。次に、上記多孔質成形体のうちから実施例1～4及び11の成形体（樹脂砥粒）について、シリコンウエハ上に形成した層間絶縁膜（プラズマ

\*マCVD法で形成したSiO<sub>2</sub>膜（1μm）を研磨した。研磨は水を流しながら多孔質成形体に0.5kgf/cm<sup>2</sup>の荷重をかけ、シリコンウエハ及び砥石は、相対速度が10cm/secになるようにそれぞれ同方向に回転させながら行った。研磨を約3分間行った場合の総研磨量を研磨時間で割った平均研磨速度及び研磨後の表面粗さを測定した。その結果、表2に示すように、実用上十分な研磨速度及び表面粗さを得ることができた。なお、研磨面を顕微鏡で詳細に観察した結果、ウエハ表面にはスクラッチが全く発生していないことが確認された。

【0019】

【表2】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例11
研磨速度 (nm/分)	80	150	100	155	30
表面粗さ (nm)	1.5	2.0	1.5	2.0	1.0

【0020】図3(a)～(e)に本発明を用いて、1つのトランジスタと1つのキャパシタからなるメモリセルを製造したときの工程の一例を示す。なお、図3は図4のA-A'断面を示したものである。ここで、110はソース領域、120はドレイン領域、111、121はそれぞれの領域への接続部、210はキャパシタ下部電極、230はキャパシタ上部電極、106はビット線、141はゲート電極を示す。図3(a)は、p型シリコン基板101上に選択酸化法を用いて、メモリセル間を電気的に分離するために、厚さ800nmのシリコン酸化膜からなる素子分離型膜102及びスイッチング用MOSトランジスタのゲート絶縁膜となるシリコン酸

化膜を形成した後の基板断面図である。その後、MOSトランジスタの閾値電圧制御のために、ボロンをイオン打ち込みし、更に化学気相成長法（以下CVD法と略記）でゲート電極141となる多結晶シリコン膜を300nmの厚さ堆積する。次に図3(b)に示すように、MOSTランジスタのゲート電極141及びゲート絶縁膜130を周知のホトエッチングにより形成する。多結晶シリコン膜には導電性を持たせるためリンを添加する。その後、砒素をイオン打ち込みしMSOTランジスタのソース領域110、ドレイン領域120を形成する。次に、図3(c)に示したように基板表面に層間絶縁膜となるPSG（リンガラス）膜103をCVD法で

500nmの厚さ堆積後、約200nmの平坦化研磨を行う。PSG膜103の研磨に用いた砥石の弾性率は50kg/mm<sup>2</sup>である。その後、PSG膜に接続部111を設け、ビット線106を形成する(図4)。次に、図3(d)に示したように、層間絶縁膜となるPSG膜104をCVD法で500nmの厚さ堆積後、平坦化研磨を行い、更にホトエッチングにより開口して接続部121を形成する。このPSG膜104の表面は、弾性率が50kg/mm<sup>2</sup>の砥石を用いて平坦化する。なお、従来の軟質研磨パッドでPSG膜を研磨後、弾性率が50kg/mm<sup>2</sup>の砥石で研磨することにより、よりダメージのない研磨を行うことができる。その後、キャパシタ下部電極210となる多結晶シリコン膜をCVD法により形成し、所望の形状に加工する。この多結晶シリコン膜にも導電性を持たせるためにリンを添加する。次に、その上にキャパシタ絶縁膜220及びキャパシタ電極230を形成する。(図3(e))。上記方法により、メモリセルの表面を従来に比べより平坦にすることができる。微細で信頼性の高い半導体装置を得ることができる。

【0021】

【発明の効果】本発明によれば、成形が容易で、組成及び気孔の大きさや分布が均一で、研磨性が優れた多孔質\*

\*樹脂砥石の提供を可能とし、半導体用ウエハや層間絶縁膜、配線材料を始め、各種材料表面の平坦化、微細加工、多層化、高性能化、高信頼度化を達成することが可能になった。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)～(f)はウエハ表面の平坦化工程の説明図である。

【図2】 化学機械研磨法を説明する図である。

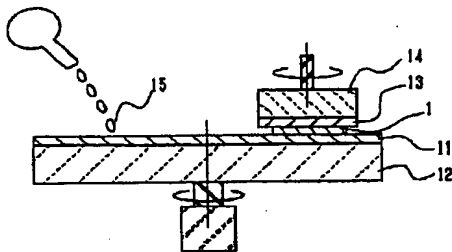
【図3】(a)～(e)は半導体装置の製造工程を示す装置断面図である。

【図4】 図3(e)に示した装置の平面図である。

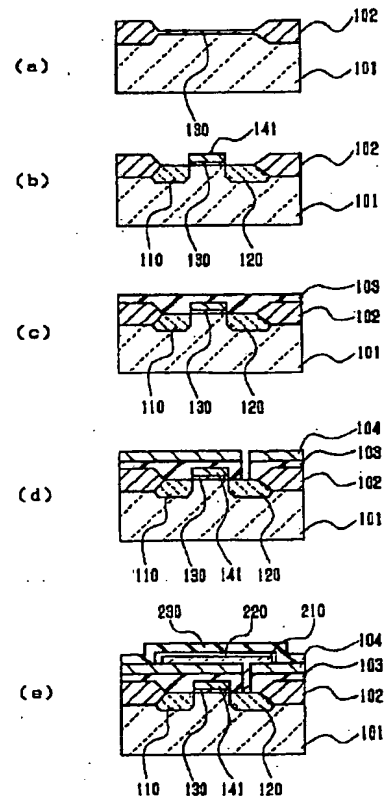
【符号の説明】

- |             |             |
|-------------|-------------|
| 1. ウエハ基板    | 2. 絶縁膜      |
| 3. 配線層      | 4. 絶縁膜      |
| 5. アルミ層     | 6. ホトレジスト膜  |
| 7. ステッパ     | 11. 研磨パッド   |
| 12. 定盤      | 13. 押えパッド   |
| 14. ウエハホルダ  | 15. スラリー    |
| 101. シリコン基板 | 102. 素子分離電膜 |
| 106. ビット線   | 110. ソース領域  |
| 120. ドレイン領域 | 141. ゲート電極  |
| 210. 下部電極   | 230. 上部電極   |

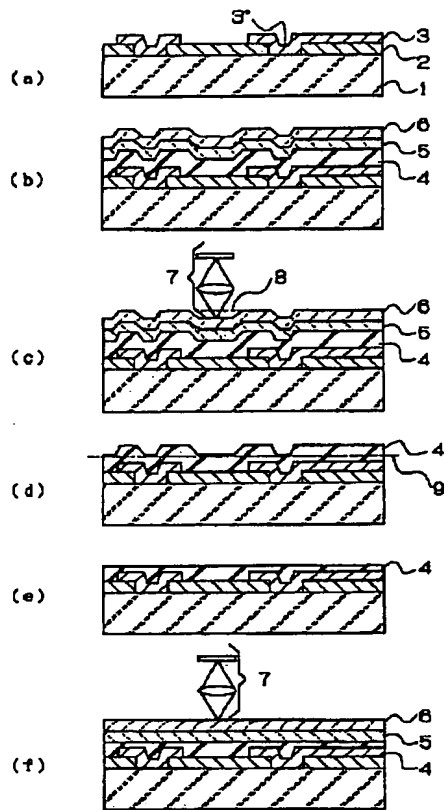
【図2】



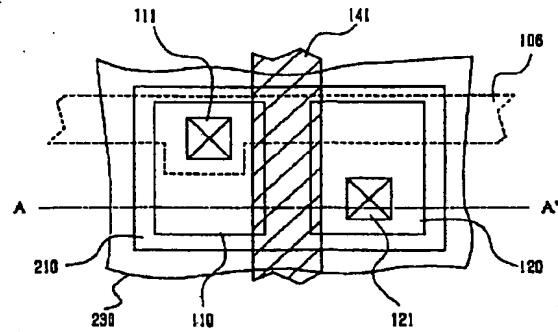
【図3】



【図1】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 谷本 道夫  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
株式会社日立製作所内

(72)発明者 森山 茂夫  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内



19: Japanese Patent Office

12: Japanese Laid-open Patent Publication (A)

11: Japanese Laid-open Patent Publication No. 10-329031

43: Publication Date: December 15, 1998

54: Method for polishing semiconductor elements and method for making a polishing stone therefor.

71: Applicant: Hitachi Co. Ltd.

57: Summary

Objective: To provide a method for fabrication to be used in polishing or planarizing silicon wafers for semiconductor devices, wiring materials formed on the silicon wafer or inter-layer insulation for making laminated circuits.

Solving Means: Polishing is performed using a polishing stone described below. The polishing stone used has an essential composition comprised by 100 volume percent of a thermosetting porous resin, produced either by self-foaming or a foaming agent, having a softening temperature of 50~180 °C; and 50~200 volume percent of abrading particles having an average particle size of 1~5  $\mu$ m, and is produced by pulverizing a porous thermosetting resin, having a softening temperature of 50~180 °C, of a self foaming type or a foaming agent assisted type, alone or in combination with abrading particles having an average particle size in a range of 0.1~5  $\mu$ m size, to produce a powder having an average particle size of less than 5  $\mu$ m; mixing the two powders uniformly to produce a dispersion; pouring the dispersion into a mold to produce a formed body by pressing

at 140-220 °C and with a pressing pressure of 0.1-20 kg/cm<sup>2</sup> so as to obtain a porosity factor in a range of 40-60 volume percent.

[Claims]

1. A method for polishing by using a resin-bonded polishing stone comprising the steps of: forming a thin film on top of a substrate base having fabricated patterns comprised by high and low spots; and pressing a polishing tool surface on a surface having the fabricated patterns and subjecting a surface of the substrate base having the fabricated pattern and a surface the polishing tool to a relative motion so as to level the high and low spots; wherein the polishing tool used has an essential composition comprised by 100 volume percent of a thermosetting porous resin, produced either by self-foaming or a foaming agent, having a softening temperature of 50-180 °C; and 50-200 volume percent of abrading particles having an average particle size of 1-5 $\mu$ m.

2. A method according to claim 1 featuring a foam type thermosetting porous resin as a component of the resin-bonded polishing stone is comprised by 45-80 weight percent of a phenol resin, 5-20 weight percent of a hexamethylenetetramine resin and 0-50 weight percent of a melamine resin.

3. A method according to one of claim 1 or 2 featuring abrading particles as a component of the resin-bonded polishing stone are comprised by at least one selected from silica oxide and alumina.

4. A method according to one of claims 1 to 3 featuring

the resin-bonded polishing stone made of foam type thermosetting porous resin is produced by selecting at least one forming agent selected from the group containing: dinitropentamethyl tetramine, azodicarboxylamide, p, p'-oxybisbenzene sulfonylhydrazide, p-toluene sulfonylhydrazide, p-toluenesulfonylacetonehydrazide, hydrazidecarboxylamide.

5. A method for making a resin-bonded polishing stone by pulverizing a porous thermosetting resin, having a softening temperature of 50-180 °C, of a self foaming type or a foaming agent assisted type, alone or in combination with abrading particles having an average particle size in a range of 0.1-5  $\mu\text{m}$  size, to produce a powder having an average particle size of less than 5  $\mu\text{m}$ ; mixing the two powders uniformly to produce a dispersion; pouring the dispersion into a mold to produce a formed body by pressing at 140-220 °C and with a pressing pressure of 0.1-20 kg/cm<sup>2</sup> so as to obtain a porosity factor in a range of 40-60 volume percent.

6. A method for polishing wafers or device isolation insulation film and lamination wiring materials featuring the use of a resin-bonded polishing stone according to claim 5.

[Detailed Explanation of the Invention]

[0001]

[Technological Field of the Invention] This invention relates to a planarization technology for producing a flat surface by polishing on a substrate surface, and relates in particular to a polishing method and a polishing stone used in the process of manufacturing semiconductor integrated circuits.

[0002]

[Conventional Technology] Semiconductor device production is comprised by many processing steps, but an example of wiring process which is pertinent to this invention will be explained with reference to Figure 1 (a)-(f). Figure 1 (a) shows a cross sectional view of a wafer having a first layer formed thereon. On the surface of the substrate 1 on which transistors are fabricated, there is an insulation layer 2, and on top of it, there is a wiring layer 3 made of aluminum and the like. Because it is necessary to make electrical contacts with the transistors, contact holes are provided on the insulation layer 2 so that these regions are somewhat depressed. In the wiring process for the second layer shown in Figure 1 (b), an insulation layer 4 and an aluminum metal layer 5 are formed on the first layer, and further, to make a wiring pattern on the aluminum layer, a photoresist layer 6 is formed for photo-exposure. Next, as shown in Figure 1 (c), using a stepper 7, a wiring pattern of the second layer is imprinted by exposure transfer on the resist layer 6. In this case, if the surface of the photoresist layer 6 is uneven, simultaneous focusing cannot be obtained on the high-spots and low-spots 8 on the photoresist layer 6, as illustrated in the drawing, creating a serious problem of poor image resolution. To resolve such a problem, a planarization processing to be described below is being examined. After the step shown in Figure 1 (a), after making an insulation layer 4 as shown in Figure 1 (d), the surface is polished by a method described later to a level 9 shown in the drawing to obtain

a condition shown in Figure 1 (e). After which step, the metal alumina layer 5 and the photoresist layer 6 are formed and the stepper 7 is used to expose the layer 6, as shown in Figure 1 (f). In this condition, the surface of the photoresist is flat and there will be no problem of poor resolution. Figure 2 shows a conventional mechanical chemical polishing method commonly used. A polishing pad 11 is bonded to a disk table 12 and is rotated. This polishing pad uses, for example, a thin slice of a formed urethane resin in a thin sheet form, and depending on the type of polishing object and the desired degree of surface finish, various materials and fine surface structures of the polishing tool are selectively used. In the meantime, the wafer 1 to be fabricated is fixed to a wafer holder 14 with an intervening elastic pad 13. The wafer holder 14 is rotated and is press loaded onto the surface of the polishing pad 11 and slurry 15 is supplied on the surface of the polishing pad 11 to remove the protrusion on the insulation layer 4 of the wafer, thereby planarizing the wafer. In general, colloidal silica is used as a polishing slurry. Colloidal silica is comprised by fine particles of about 30 nm diameter suspended in an emulsion of alkaline aqueous solution such as potassium hydride, because of the added chemical effects produced by alkaline substance, it provides a feature that the fabrication productivity is significantly higher and produces less damage on the polished surface. Such a method of polishing by supplying a slurry between the polishing pad and the polishing object is well known as free-particle polishing

technique. However, the conventional technique of free-particle polishing of wafers presents two problems. One is that because it is forced to use a soft polishing pad when fabricating the wafer, sufficient planarization cannot be produced depending on the type of pattern and the extent of the difference between the high and low spots. Other problem is the cost of consumables represented by a large amount of high purity slurry that is necessary for the polishing process. A conventional technique known as fixed-particles polishing method (reported in Proceedings of the 1st International ABTEC Conference, P80-85, Seoul, 1993/11), but it is known that scratches are often produced on the fabricated surface. This is because the composition and properties of the polishing stone are not matched to the needs of the planarization polishing of semiconductor device elements. Conventionally, if the most flat mirror polished surface is required, a resin-bonded (resinoid) stone is often used.

[0003] It is known that porous resin-bonded stone made by foaming the resin is known to produce excellent polishing for hard and brittle materials such as silicon wafers, but as disclosed in a Patent Application, Second Publication, Show 54-551 or a Patent Application, First Publication, Show 63-150162 for example, such porous resin-bonded stones can be produced by: adding abrading particles, carbolic acid, formalin and an acidic catalyst and the like to an aqueous solution of polyvinyl alcohol; mixing thoroughly to make a slurry-like mixture and pouring the mixture into a mold; heating

the mold to form a formed body by causing an acetal reaction of polyvinyl alcohol and simultaneously causing an initial condensation reaction between carbolic acid and formalin; removing the formed body from the mold and washing thoroughly with water; drying; and heating to a higher temperature to complete the initial condensation reaction; thereby producing a porous polyacetal stone having fine pores. Also, as disclosed in a Patent Application, First Publication, Show 58-223565, another method is to coat the surface of abrading particles with the initial condensation reaction product of liquid phenol resin; attaching novolac resin powder on their surface; pouring into a mold to cold or hot press; and sintering the molded body.

[0004]

[The Problem to be Solved] To obtain a better flat surface by polishing the surface with such a porous resin-bonded stone without causing scratches, it is necessary to refine the particle size in the stone. However, when the particles are pulverized finer, the specific surface of the powder increases so that the viscosity of the mixture increases rapidly, thereby significantly down the processes of mixing, pre-reacting and pre-forming operations to affect the productivity, but the porosity does not increase to the extent that is desired and the polishing speed of the stone is reduced markedly. To resolve such problems, it may be considered to lower the viscosity of the resin or increase the amount of dilution solvent and dispersive agent. However, although the

efficiency of forming operations can be improved, other problems are introduced, such as the difficulty of producing a uniform formed body because of settling of the abrading particles in the process of hardening the resin, and the necessity of mechanically producing the foam or adding foaming agents, resulting that it has been difficult to produce polishing stones having uniform properties as well as fine pores. Therefore, the conventional resin-bonded stones thus obtained presented problems of susceptibility to plugging of the pores, insufficient speed of polishing and causing damage to the polishing object.

[0005] Also, because the conventional methods depend on the use of resins and solvents or dispersive agents, there is a problem of working with mixing and forming the slurry-state material. For these reasons, there has been a strong demand for porous resin-bonded polishing stone that can be formed easily, has uniform chemical composition and evenly distributed pores of uniform size, provide fast polishing speed and can produce a flat polished surface without causing damage to the surface.

[0006]

[Means for Solving the Problem] This invention was made in view of the background described above, and provides a fabrication method for polishing and planarizing of objects especially silicon wafers and wiring materials formed on the surface of the silicon wafer or device isolation insulation film and formed when making a laminated wiring structure. In more detail, the



invention relates to a porous resin-bonded polishing stone having fine particles of abrading material, and polishing is performed using a stone that is easy to be formed and has a uniform composition and pore size and distribution, and the invention further provides a resin composition and a porous body made from the resin that are optimized to the purpose. The specific means relates to an essential composition comprised by 100 volume percent of a thermosetting porous resin, produced either by self-foaming or a foaming agent, having a softening temperature of 50-180 °C; and 50-200 volume percent of abrading particles having an average particle size of 1-5  $\mu\text{m}$ , and is produced by pulverizing a porous thermosetting resin, having a softening temperature of 50-180 °C, of a self foaming type or a foaming agent assisted type, alone or in combination with abrading particles having an average particle size in a range of 0.1-5  $\mu\text{m}$  size, to produce a powder having an average particle size of less than 5  $\mu\text{m}$ ; mixing the two powders uniformly to produce a dispersion; pouring the dispersion into a mold to produce a formed body by pressing at 140-220 °C and with a pressing pressure of 0.1-20 kg/cm<sup>2</sup> so as to obtain a porosity factor in a range of 40-60 volume percent.

[0007]

[Preferred Embodiments] The thermosetting foaming resin used in this invention relates to a self-foaming type phenol resin, melamine resin, polyurethane resin or a formulation including these resins and thermosetting resins such as urea resin, epoxy resin, unsaturated polyester resin, silicone resin, polyimide

resin, cyanate ester resin, or a benzoxazine resin together with a foaming agent. Of these thermosetting foaming resins, one that is most suited to this invention is a phenol resin with hexamines as a hardener or an addition of a melamine resin thereto. In this context, a phenol resin relates to an intermediate resin body obtained by reacting a phenol group with formaldehyde in the presence of an acid or alkaline catalyst, or an intermediate resin body obtained by thermal, ionic or radical polymerization of vinylphenol, n-propenylphenol, isopropenylphenol, n-butynylphenol or their derivatives, and relates to those materials that can produce a three dimensional network, when heated singly or with an amine group thermosetting resin, such as hexamethylenetetramine. Hexamethylenetetramine  $[(CH_2)_6N_4]$  is a powder that sublimates at 263 °C, and is a chemical compound widely used as a hardener (bridging agent) for phenol resins. Melamine resin is an intermediate body (methyrollized melamine) produced by addition polymerization of melamine and formaldehyde in the presence of alkaline catalyst, and when heated in the presence of an acidic catalyst, it hardens by releasing water and formaldehyde to produce a three-dimensional network structure. [0008] When using a phenol resin hardened by hexamines as the hardener or when it used together with a melamine resin to make a porous resin-bonded polishing stone of this invention, it is preferable that phenol resin be in a range of 45-80 w/o, hexamethylenetetramine in a range of 5-20 w/o and (c) melamine resin in a range of 0-50 w/o. The reason will be explained below.

That is, when the phenol resin is less than 45 w/o, the hardened resin is too brittle, and when it is more than 85 w/o, foaming and hardenability properties are reduced. Also, when hexamethylenetetramine is less than 5 w/o, hardenability and foaming properties are reduced, and when it is more than 20 w/o, the hardened product becomes extremely brittle. The objective of this invention can be achieved by selecting a resin made from a phenol group resin and hexamethylene tetramine as a hardening agent only, but to obtain a product that is highly elastic and to produce a large amount of fine pores uniformly, it is preferable to use a melamine resin in the process. However, it is preferable to keep the amount less than 50 w/o because, when the amount exceeds 50 w/o, hardenability and foaming properties are reduced, and the product becomes brittle.

[0009] In this invention, the reason for selecting a softening temperature of 50~180 °C for the porous thermosetting foaming resin is that, when the softening temperature is lower than 50 °C, when the resin component is pulverized by itself or together with abrasive particles, the resin components agglomerate or adhere to the pulverizing equipment to make it difficult to pulverize, and furthermore, after the pulverizing process the product is susceptible to clustering. On the other hand, when the softening temperature is higher than 180 °C, it is necessary to increase the hardening temperature and the process becomes difficult to carry out. The foaming agent added to provide a foaming ability to the thermosetting resin is because, when it is added to the thermosetting resin and

heated, it thermally decomposes at a certain temperature and generates nitrogen ( $N_2$ ), carbon dioxide ( $CO_2$ ), ammonia ( $NH_3$ ), formaldehyde ( $CH_2O$ ) and others resulting in the formation of a large volume of gas bubbles, and specifically includes such substances as: dinitropentamethyltetramine, azodicarboxylamide, p, p'-oxybisbenzenesulfonylhydrazide, p-toluene sulfonylhydrazide, p-toluene sulfonylacetonehydrazide, hydrazidecarboxylamide and the like. It is preferable that these foaming agents be used in a range of 0-20 w/o, and more preferably 0-10 w/o.

[0010] Abrading particles are not particularly limited, and those commercially available generally are acceptable, including cesium oxide, silica, alumina and others such as silicon carbide, boron carbide, zirconium, diamond, sapphire, depending on the purpose. In particular, for semiconductor uses, it is preferable to choose at least one from cesium oxide, silica and alumina. The diameter of the particles has a profound influence on the polishing characteristics, and coarser particles are preferable from the standpoint of polishing speed, but for planarization without causing scratches, finer particles are said to be preferable. However, in this invention, because the stone is porous and the formed body is made after mixing the particles and the resin components in the powder form, it is possible to optimize the binding force between the resin components and the particles. For this reason, during the polishing operation, the surface of the stone is worn away and surfaces are renewed constantly. The result

is that even though fine abrading particles are used, fast polishing speed can be obtained, so that, in this invention, it is preferable to use abrading particles in an average size range of  $0.1\sim 5\mu\text{m}$ , more preferably  $0.3\sim 1\mu\text{m}$ . The average particle size includes those primary particles belonging in this size range, but it can also include secondary clustered particles that are in the same range. It is preferable that the particle distribution pattern be narrow. It is not desirable to use particles of less than  $0.1\mu\text{m}$  size, because the degree of fusing between the particles and the resin component is dramatically reduced. The reason for choosing a volume ratio of particles to resin components in a range of 50-200 v/o with respect to 100 v/o of resin is that, below 50 v/o ratio, sufficient polishing cannot be produced. When the volume ratio exceeds 200 v/o, looseness of the structure of particles and resin becomes insufficient and the mixture becomes harder to bond during the forming process, resulting in brittle product and the stone may break up or particles may drop off during the polishing process and polishing cannot be carried out sufficiently.

[0011] In this invention, resin component is pulverized by itself or after the abrading particles are to it, and is broken down to particles of less than  $5\mu\text{m}$  size and is mixed uniformly with the resin component. This is an important point of this invention, and differs from the conventional method of making the resin-bonded stones. The reason for breaking the resin component to less than  $5\mu\text{m}$  size by itself or with particles

added is to disperse and mix the resin component and abrading particles as much as possible, and it is preferable that the resin component be pulverized to less than 5  $\mu$  m. For pulverizing and mixing operation, ball mill, mixers and the like can be used but pulverizing and surface improvement devices based on mechanochemical effects can also be utilized. When such devices are used to break up and mix the resin component and the particles, the device itself should be cooled to greatly improve the pulverizing efficiency. When the resin component is being pulverized separately, the particles may be added to it to mix uniformly and obtain the desired feed material for making the polishing stone.

[0012] The mixture thus obtained is press formed at a mold temperature of 140-220 °C, pressure of 0.1-20 kg/cm<sup>2</sup> to result in a porous formed body having a porosity factor in a range of 40-60 v/o. Temperatures less than 140 °C are not desirable because the resin hardening reaction takes too long and foaming is insufficient and the resulting porosity factor is insufficient. Temperatures higher than 220 °C are not desirable because the forming process becomes difficult. The reason for forming at pressures in a range of 0.1-20 kg/cm<sup>2</sup> is that, below 0.1 kg/cm<sup>2</sup>, the porosity factor becomes too large and resin component and the particles do not bond sufficiently resulting that the formed body becomes brittle. And, if the pressure is less than 20 kg/cm<sup>2</sup>, the porosity factor becomes too small, and sufficient polishing action cannot be produced.

[0013] The resin compositions are able to produce formed body

having uniform distribution of constituents and particles and the degree of bonding, by performing press forming at a suitable temperature and pressure range, but parameters may be varied as necessary within a range to not cause the properties of the stone to degrade, such as foaming agents for adjusting the size of the pores and uniformity, additives for adjusting the uniformity the dispersion of particles, resin infiltration and wettability, coupling agents for adjusting the binding strength between the resin component and the abrading particles. In such cases, foaming agents may include modified polysiloxane compounds, silicone resins. Also, additive agents for adjusting the uniformity the dispersion of particles, resin infiltration and wettability may include polycarbonyl acid, alkylamine base, long-chain polyaminoamide and polarized ester acid salts, anionic and nonion type multi-sensory polymer alkylolamines, high molecular weight copolymer, high polymer non-saturated polycarbonyl acid, acrylic acid or ammonium salt or sodium salt of acrylic acid copolymer may be used.

[0014] Coupling agents for adjusting the bonding between the resin composition and particles include: silane group coupling agents,  $\gamma$  -glycidoxypropyltrimethoxysilane,  $\gamma$  -glycidoxypropylmethyldiethoxysilane,  $\gamma$  -aminopropylmethyltriethoxysilane,  $\gamma$  -aminopropylmethyldiethoxysilane, N-  $\gamma$  (aminoethyl)  $\gamma$  -aminopropyltrimethoxysilane, N-  $\beta$  (aminoethyl)  $\gamma$  -aminopropylmethyldimethoxysilane,  $\gamma$  -methylkaptopropyl methyldithoxysilane, or coupling agents including titanates,

zircoaluminates, or alumino-chelate group coupling agents may be used. Here, it is important, in the semiconductor field, not to contaminate the polishing objects. It is desirable that the resin components and abrading particles used in this invention and these additives should contain as little impurities as possible. Also, the additives other than the resin components should be limited to the least possible amount.

[0015] In the resin-bonded polishing stone constituents used in this invention, the resin components play the role of fixing the particles but also plays a role in forming porosity created by foaming agents and by the water of condensation generated during the condensation process and formalin to produce bubbles in the formed body so that the stone has a water retention capability. In the polishing stone of this invention, because the formed body is made after mixing the particles and the resin components in the powder form, it is possible to optimize the binding force between the resin components and the particles. For this reason, during the polishing operation, the surface of the stone is worn away and surfaces are renewed constantly, and therefore, the polishing speed is high and scratches are less likely to be generated. Another feature is that a flat surface is obtained.

[0016]

[Preferred Embodiments] Next, this invention will be explained by means of preferred embodiments.

Embodiment 1~11

Resin composition was formulated by using a novolac type phenol



resin pulverized to  $1.0\mu\text{m}$  average particle diameter and the softening temperature of  $85^\circ\text{C}$ , a polyparavinyll phenol resin pulverized to  $1.5\mu\text{m}$  average particle diameter and the softening temperature of  $85^\circ\text{C}$ , a hexamethylenetetramine resin pulverized to  $1.3\mu\text{m}$  average particle diameter, and a melamine resin pulverized to  $0.8\mu\text{m}$  average particle diameter and the softening temperature of  $95^\circ\text{C}$ . Abrading particles were cesium oxide of  $0.6\mu\text{m}$  average particle diameter. These material were mixed in a Henshell mixer to produce various compositions shown in Table 1 to produce 11 types of feed materials desired compositions. The volume percentages of particles shown in Table 1 were obtained by computation using a density value of 1.25, 1.48, and 7.3, respectively, for novolac type phenol resin and hexamethylenetetramine, melamine resin and cesium oxide.

[0017]

Table 1

Embodiment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Phenol resin	37.5	61.0			61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0
Polyvinyl phenol resin			87.5	81.0							
Melamine resin		30.0		30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Hexamethylenetetramine	12.5	9.0	12.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
Cesium oxide	580	580	580	580	400	830	580	580	580	580	580
Volume percentage	(50)	(50)	(50)	(50)	(41)	(60)	(50)	(50)	(50)	(50)	(50)
Mold temperature (°C)	150						140	180	200	160	
Forming pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.5									0.1	3.0
Forming time (minutes)	15										
Post-hardening (°C/min)	160/60										
Porosity factor(%)	50	56	52	58	45	60	52	56	57	60	40
Comp.Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	13	0.7	1.1	0.5	2.1	0.5	0.8	0.7	0.6	0.2	2.3
Comp.elasticity (kgf/cm <sup>2</sup> )	51	30	41	26	68	11	31	27	26	12	95

[0018] Next, the samples were heated in a metal mold at 160 °C, using a pressure of 1 kg/cm<sup>2</sup> for 15 minutes to produce samples

dimensions of 50 mm diameter by 10 mm thickness. After taking the formed bodies from the metal mold, they were subjected to hardening at 160 °C for one hour in a constant-temperature bath to completely harden the resin. The formed bodies thus produced had porosity factors of 40-60 v/o as shown in Table 1. The porosity factors shown were computed by determining the specific volume (inverse of specific gravity) with zero porosity from the table of compositions, and comparing these values with the actual specific volumes of the samples. The compressive properties of the formed bodies were roughly dependent on the porosity factors, so that the smaller the porosity factor the tendency is towards higher compressive strength and elastic strength. Next, samples from 1-4 and 11 were chosen for polishing tests of the insulation layer ( $\text{SiO}_2$  of 1  $\mu\text{m}$  thickness) produced by a plasma CVD method. Polishing tests were performed by applying a load of 0.5 kgf/cm<sup>2</sup> on the porous formed body, and silicon wafer and the stone were rotated in the same direction at a relative speed of 10 cm/s. Polishing was continued for 3 minutes, and the total amount of material removed was divided by the polishing time to obtain an average polishing speed, and the surface roughness after polishing was measured. The results, shown in Table 2, showed that the method is practical for obtaining suitable polishing speed and surface roughness. It was confirmed by microscope examination that the surface was totally free of scratches.

[0019]

Table 2

Embodiment	1	2	3	4	11
Polish speed nm/min	80	150	100	155	30
Surface roughness	1.5	2.0	1.5	2.0	1.0

[0020] An example of the processing steps for making a memory cell comprised by a capacitor and a transistor is shown in Figure 3(a)-(e). Figure 3 shows a cross sectional view through a plane A-A' in Figure 4. Here, 110 refers to a source region, 120 a drain region, 111, 121 are respective connection sections, 210 a capacitor lower electrode, 230 a capacitor upper electrode, 106 a bit line and 141 a gate electrode. Figure 3(a) shows a cross sectional view of a p-type silicon substrate base 101 having an element separation film 102 of silicon oxide film of 800 nm thickness made by selective oxidation of silicon for electrical isolation of memory cells and for gate insulation of MOS transistor for switching. After which, boron ion injection is performed for threshold voltage control of the MOS transistor, and polycrystalline silicon film of 300 nm is deposited as the gate electrode 141 by means of chemical vapor deposition (referred to as CVD hereinafter). Next, the gate electrode 141 and gate insulation film 130 are fabricated, as shown in Figure 3(b) by the known hot etching method. Phosphorous is added to the polysilicon layer to provide electrical conductivity. Next, arsenic ion injection is performed to fabricate the source region 110 and the drain

region 120 of the MOS transistor. Next, as shown in Figure 3(c), PSG (phosphorous glass) film 103 is deposited by CVD on the substrate surface to serve as an insulation layer to a thickness of 500 nm, and the substrate is then planar polished by removing about 200 nm. The elasticity factor of the polishing stone used to polish the PSG film 103 is 50 kg/mm<sup>2</sup>. After this step, a connection section 111 is formed on the PSG film and the bit lines 106 are fabricated (Figure 4). Next, as shown in Figure 3(d), the PSG film 104 to serve as the inter-layer insulation is deposited by CVD to a thickness of 500 nm, and flat polishing is performed. Hot etching is used to fabricate openings on the PSG film 104 and to form a connection section 121. The surface of the PSG film is polished using a polishing stone having an elasticity factor of 50 kg/mm. In this case, by polishing the PSG film 104 first using a conventional soft polishing pad and flat polishing with the stone, less damage is created. Next, a polycrystalline film to serve as the lower capacitor electrode 210 is deposited by CVD, and is fabricated to a desired shape. This polycrystalline film is also doped with phosphorous to provide electrical conductivity. Next, a capacitor insulation film 220 is deposited on top and capacitor electrode 230 are fabricated. (Figure 3(e)). By following such a method, it is possible to produce a better flatter surface on the surface of the memory cell compared with the conventional techniques to obtain semiconductor devices of higher reliability and fineness.

[0021]

[Effects of the Invention] This invention enables to manufacture a resin-bonded porous polishing stone that is easily formed and has uniform composition and pore size and distribution, thereby making it possible to provide planarization, fabrication of fine patterns, laminations, improved capabilities and high reliability for the production of semiconductor wafers having inter-layer insulation and wiring materials as well as various kinds of other materials.

[Simple Explanation of the Drawings]

Figures 1(a)-(f) are illustrations of planarization steps of the surface of wafers.

Figure 2 is an illustration of chemical mechanical method of polishing.

Figures 3(a)-(e) are illustrations of the process of making a semiconductor device.

Figure 4 is a plan view of the device shown in Figure 3(e).

[Explanation of Reference Numerals]

1	wafer base	2	insulation film
3	wiring layer	4	insulation film
5	aluminum layer	6	photoresist film
7	stepper	11	polishing pad
12	disk table	13	pressing pad
14	wafer holder	15	slurry
101	silicon substrate	102	elements isolation film
106	bit line	110	source region
120	drain region	141	gate electrode
210	lower electrode section		

230 upper electrode section